

Evaluation ex-ante de la prévision saisonnière en petit paysannat burkinabè

Warvar PIERYE¹ Isabelle DABIRE¹, Bruno BARBIER², Kimseyinga SAVADOGO³

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, INERA, Département Gestion des ressources naturelles /Système de production, GRN/SP, Ouagadougou, Burkina Faso.

² UMR G-EAU, Cirad-Es, 01 BP 596-Ouagadougou 01, Burkina Faso

³ Unité de Formation et de recherche en sciences économiques et de gestion, UFR/SEG, Université de Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé — La programmation linéaire est un excellent outil d'évaluation ex ante des innovations technologiques. Dans cette étude, nous évaluons l'intérêt économique de la prévision saisonnière dans un contexte de variabilité et de changement climatique, pour des paysans de la zone de Dano au sud ouest du Burkina Faso. Le modèle maximise le revenu en optimisant l'allocation des terres, du travail et des intrants entre plusieurs types de sols et de cultures. Les rendements varient selon le type de sol, d'itinéraire technique et d'hivernage. Quatre scénarios sont proposés au modèle : un myope (le paysan n'a pas accès aux prévisions), une prévision de saison sèche, de saison moyenne et une prévision de saison humide. Etrangement le modèle montre que c'est une prévision de saison humide qui procure le meilleur gain. La prévision de saison sèche n'apporte pas beaucoup de changement en terme de revenu. Globalement le gain de revenu de la prévision est relativement peu élevé, mais le coût d'une erreur de prévision est élevé. Ces résultats militent pour une certaine prudence vis-à-vis de l'intérêt des prévisions saisonnières pour la réduction de la vulnérabilité.

I-Introduction

Le changement climatique dans le monde entier est une réalité indéniable ; il est en partie inévitable du fait des émissions passées et actuelles de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et pose un défi majeur au développement économique et social. Ce changement a un impact significatif sur les saisons. La variabilité saisonnière est devenue une contrainte à la décision de production (Shardul & Frankhauser, 2008). La question de savoir comment sera la saison à venir se pose à tout moment et d'un coup se pose la question de quoi produire pour minimiser les pertes (Maurizio, Lorenzo, Andrea, Idrissa, Birama, & Mamadou, 2008). Les paysans chercheront à combiner les activités et les facteurs de production de sorte à obtenir un revenu maximum.

L'objectif de cette étude est de proposer un mode d'utilisation optimale des bassins versants. Cela revient à rechercher une combinaison des différentes activités de sorte que la rentabilité soit optimale. Nous allons comparer des scénarii contrastés qui permettront de proposer des options optimales de gestion alternative des ressources sous l'hypothèse que les exploitants sont rationnels et utilisent les ressources du bassin versant de façon optimale et que la rareté de certaines ressources constitue des facteurs limitant à la production.

II-Matériel et méthode

I-1. Description du site

I-1-1- Situation géographique

Le site de cette étude est Pontièba (« le marigot aux crapauds » en langue Dagara), village de la commune rurale de Dano, province du Ioba dans le Sud Ouest du Burkina Faso (YILI, 2006). La population d'environ 1800 habitants est d'ethnie Dagara.

Le choix de ce site se justifie d'une part, par le fait que cette localité est une zone représentative d'une des diversités agro-écologiques qui composent la région du Sud Ouest et d'autre part parce que cette localité est traversée par un des affluents du bassin de la Volta qui est concerné par cette étude : Le Mouhoun;(cf figure 1)

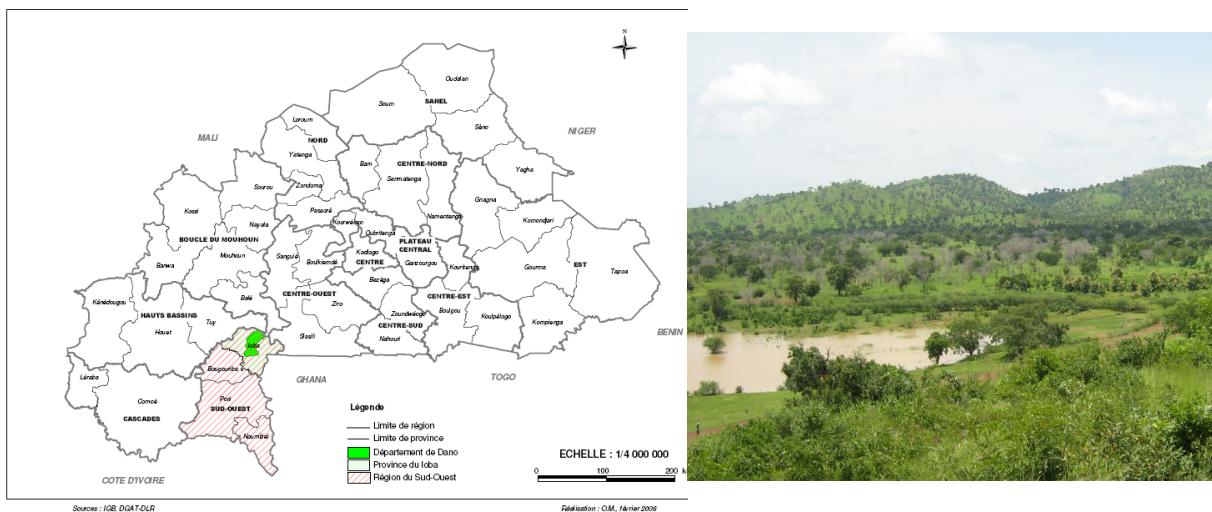


Figure n°1 : Carte de localisation de la commune de Dano

Le réservoir de Dano

I-1-2- SYSTEME D'EXPLOITATION

✓ L'organisation du travail agricole

Les droits d'occupation des terres reviennent aux familles des lignées les plus anciennes. Le caractère sacré de la terre est accepté et respecté par tous et donc la terre ne se vend pas. Les femmes qui sont plus actives dans l'agriculture, n'ont généralement aucune prérogative de droit d'occupation. En cas de décès du mari, le droit d'occupation passe à la lignée du mari.

✓ Les systèmes d'exploitation des terres

L'association des cultures, l'assolement et la rotation. Pour la fertilisation, apport de fumure organique, peu d'engrais minérale, jachère à courte durée à cause de manque de terre cultivables.

✓ La protection des terres

Plantations de haies vives : cette technique freine l'action érosive du ruissellement, constitue un brise-vent et un pare-feu (anacardiés). Construction de cordons pierreux et les diguettes permet de lutter également contre le ruissellement sur les terrains en pente forte ou douce. Réalisation de buttes sur les champs de terres sableuses ou légères, apparaît comme une excellente pratique culturale.

✓ **L'organisation traditionnelle du pouvoir**

La population est acéphale et l'entité politique est le village placé sous la gestion d'un chef de terre appelé le « tégan-sob ». Le chef de terre, assure les fonctions de prêtre de la terre et de garant de l'ordre social dans le village. Il est assisté à cet effet par le conseil des anciens qui réunit les chefs de clans du village. Les Dagara attachent une importance particulière au matriclan. L'enfant porte le nom de la mère mais la succession et l'héritage se fait par la lignée du père. Cependant, comme toute autre société moderne, le pouvoir administratif de DANO est assuré par un Préfet. Il est représenté au niveau des villages par le délégué ou le responsable administratif villageois

I-2. Collecte des données

Une enquête de terrain sur un échantillon de cent ménages choisis de manière aléatoire a été effectuée en deux phases : une enquête des ménages et une enquête sur l'utilisation des terres. L'identification de la zone et des parcelles est effectuée à l'aide du GPS (Global Positionning System ou système de positionnement mondial). 60 % des chefs de ménages de l'échantillon sont non instruits, 40 % ont adopté la traction animale et 47 % ont des parcelles irriguées. Le niveau d'instruction influe sur la décision d'adoption de nouvelles techniques, car le constat est que les chefs de ménages qui ont au moins un niveau de scolarisation de premier degré ou qui ont reçu des cours d'alphabétisation sont les plus nombreux parmi ceux qui ont adopté la traction animale, les cultures maraîchères, l'élevage ont recouru fréquemment aux services des institutions locales pour conseil, aide ou formation.

Les données économiques telles que les quantités produites, les prix d'achat et de ventes des semences et des céréales sont traitées sur le logiciel statistique SPSS afin d'obtenir les caractéristiques statistiques des ménages. Ces caractéristiques statistiques seront introduites dans un autre logiciel pour une optimisation à l'échelle de tout le bassin versant. Il s'agit du logiciel GAMS (General Algebraic Modeling System) qui est un logiciel de programmation mathématiques permettant de faire différents types d'optimisation (dynamique et stochastique)

I-3. Formulation du modèle

Le modèle utilisé dans la présente étude s'inscrit dans la tradition de la modélisation bioéconomique (Hannesson 1978, Anderson et al, 1986; Clarck 1985 et 1990) qui vise à représenter les interactions entre un stock de capital naturel (la ressource) et l'activité économique dont il est le support.

La modélisation en programmation mathématique consiste à décrire les différentes activités élémentaires que l'agriculteur peut mener, qui génèrent des produits et consomment des ressources (Jannot & Cairol, 1994). Les contraintes propres à l'exploitation, telles que les surfaces disponibles pour les différents types de cultures et la force de travail présente, sont fournies en entrée au modèle. Par un processus d'optimisation, le programme recherche la meilleure combinaison d'activités élémentaires qui permet d'atteindre les objectifs de l'exploitant, décrits par une fonction des différents produits de ces activités. Cette fonction objectif est par exemple, dans notre cas, le revenu annuel de toute l'exploitation que le programme cherche à maximiser.

I-3.1. Modèle théorique

Soit un bassin versant d'une superficie S que l'on peut exploiter de différentes manières : activités agricoles (cultures pluviales et irriguées), l'élevage et la pêche.

Supposons que l'on décide d'exploiter le bassin versant uniquement pour les activités agricoles ; soient X_1, X_2, \dots, X_n , les cultures pratiquées. Les produits issus de ces cultures à des coûts unitaires de production C_1, C_2, \dots, C_n , seront vendus aux prix P_1, P_2, \dots, P_n . Soient Q_1, \dots, Q_n , les quantités vendues des cultures X_i , déduction faite de la quantité autoconsommée.

L'objectif est de trouver une combinaison optimale de différentes cultures qui procurera le maximum de revenus aux exploitants du bassin versant. Soit R ce revenu ;

Cette optimisation n'est pas sans contrainte ; les exploitants sont confrontés à des contraintes d'ordre économique et environnemental

Le modèle d'optimisation peut s'écrire de la façon suivante :

$$\text{Max } R = P_1 \cdot Q_1 + \dots + P_n \cdot Q_n$$

Sous contrainte : $C_{11} X_1 + C_{12} X_2 + \dots + C_{1n} X_n \leq \beta_i$

$$X_i \geq 0$$

Avec C_{ij} le vecteur des coefficients des variables de la fonction objectif et β_i , le vecteur des coefficients de disponibilité des ressources.

I-3.2. Le modèle empirique

La fonction objectif :

Le revenu total issu de l'exploitation du bassin versant à maximiser :

$$\begin{aligned} & \sum_c [VE(c) \times pxv(c)] - \sum_c [X(c,s) \times csem(c) + X(c,s) \times int(c,s)] \\ & - \sum_c [AC(c) \times pxa(c)] - [cred \times taux] - [pxo \times parc] \end{aligned} \quad (1)$$

Avec VE les quantités des produits vendus ; Pxv : les prix de ventes des différents produits ; $Csem$ et int : le coût d'achat des semences et intrants ; $Taux$: taux d'intérêt bancaire.

Les activités

Les activités du modèle sont les cultures comptées en hectares. Le système de cultures pratiquées est en général la monoculture et quelque rare fois les cultures associées. On y rencontre des associations sorgho-niébé, mil-niébé, mil_sésame

Soit c l'ensemble de ces cultures

$$c : \{ \text{mil, mais, sorgho, riz, coton, arachide, niébé, soja, tomate} \}$$

Soient c_p, c_b, c_i des sous ensemble de C , avec :

$$C_p(c) \text{ cultures en pluviale : } \{ \text{mil, sorgh_bl, sorgh_rg, niebe, coton, arachide, soja} \}$$

$$C_b(c) \text{ cultures de bas fond : } \{ \text{maïs, riz, soja} \}$$

$$C_i(c) \text{ cultures irriguées : } \{ \text{maïs, riz, tomate} \}$$

Considérons trois types de sol :

$$S = \{ \text{Terre_haut, bas - fonds, irrigation} \}$$

Avec S_1 : terre haute, ; S_2, S_3 les parcelle irriguée pour les campagne de production 1 et 2.

S_4 ET S_6 les bas fonds

La production de ces cultures se confronte à des contraintes.

La disponibilité de la terre :

la variable de décision de cette ressource est la superficie cultivée par type de culture. Soit $land(s)$ la superficie totale disponible pour toutes les cultures en terre haute, en irrigation et en bas fonds.

L'allocation de la terre:

Les besoins en terre pour chaque culture sont représentés par $X(c)$

L'équation de la contrainte de terre sera donc :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \leq land(s) \quad (2)$$

La somme des superficies utilisées pour chaque culture doit être inférieure ou égale à la superficie disponible dans tout le bassin versant par type de sol.

La contrainte de temps :

Selon la chronologie des activités dans le temps, la campagne agricole peut être divisée en plusieurs périodes. Pour cette étude il sera retenu six principales périodes

P1 période d'installation des cultures pluviales; P2 période de récolte des cultures pluviales

P3 période d'installation cultures irriguées 1; P4 Période de récolte cultures irriguées 1

P5 Période d'installation des cultures irriguées 2; P6 Période de récolte cultures irriguées 2

La détermination de la quantité de travail nécessaire (tn) durant la campagne agricole de P1 à P6 et selon le type de sol, prend en compte le nombre de jours de travail disponible (td) et du nombre d'actifs au sein du bassin versant ($pop \times c_pers$)

L'équation de la contrainte de temps de main d'œuvre familiale s'écrit :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \times tn(c, n, p) \leq td \times pop \times c_pers \quad (3)$$

avec pop la population totale et c_pers la proportion d'actif au sein du bassin versant.

La contrainte de liquidité :

Le besoin de liquidité pour la production est lié aux coûts de production. Ces coûts se résument, dans la plupart des cas, à la valeur des semences, des fertilisants et pesticides.

Soit $bes_cap(c, s)$ le besoin en capital pour la production pour un hectare de culture c et par type de sols pour l'achat des semences ($csem$) et des intrants (Int). $Bes_cap = csem + int$

Cependant la disponibilité monétaire déterminée par les fonds propre dont dispose le ménage en début de campagne (capital) est très limitée. D'où le recours au crédit de campagne qui est un emprunt à court terme.

Désignons par $Cred$ le niveau d'endettement que chaque ménage peut contracter. L'équation de la contrainte de liquidité pour l'ensemble du bassin versant est :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \times bes_cap \leq cap + (cred \times parc) \quad (4)$$

avec $Parc$, nombre de parcelles irriguées.

➤ La contrainte environnementale:

L'objectif étant de trouver une utilisation optimale qui prend en compte des objectifs à la fois économiques et environnementaux. Il faut trouver une combinaison optimale des différentes

activités qui produit le maximum de revenu tout en prenant en compte l'impact négatif de ces activités sur le plan environnemental.

La prise en compte du facteur environnemental peut se faire par l'introduction des contraintes ou par une limitation de l'utilisation des actifs naturels. En considérant l'érosion des sols comme facteur de dégradation de l'environnement ;

Soient $erod(s)$ facteur d'érodibilité du sol ; cli facteur d'agressivité du climat de Wischmeier ; sl facteur topographique ; pae facteur pratiques anti érosives; $coveg(c)$ facteur du couvert végétal terres cultivées ; $er(c, s)$ terre érodée en tonnes par hectare;

$$er(c, s) = cli \times erod(s) \times sl \times couveg(c) \times pae \quad (5)$$

La contrainte d'érosion par type de sol est :

$$\sum_c \sum_p X(c, s) \times er(c, s) = ero(s) \quad (6)$$

La contrainte d'érosion totale ($erot$) est alors :

$$\sum_s ero(s) \leq erot \quad (7)$$

La contrainte d'eau pour l'irrigation

Soient q_eau quantité d'eau disponible en m^3 ; bes_eau le besoin en eau en m^3 par ha et pxo la redevance eau pour irrigation. L'équation de la contrainte d'eau est :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \times bes_eau + O \leq q_eau + O_{-1} \quad (8)$$

➤ La contrainte d'autosuffisance alimentaire

Soient $alim$, besoin alimentaire par personne en kg, $AU(c)$ la quantité consommée par céréale, $AC(c)$ quantité achetée par céréale en kg pour la consommation et $pa(c)$ la préférence alimentaire pour chaque céréale ; la contrainte alimentaire est :

$$\sum_c (AU(c) + AC(c)) \times pa \geq a_{lim} \times pop \quad (9)$$

Les scénarii réalisés sont fonction de l'information dont disposent les producteurs sur l'état de la nature. En considérant trois états de la nature, (saison sèche, saison moyenne, et saison humide) quatre scénarii peuvent se produire :

- les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la nature de la saison à venir ($qa0$)
- les producteurs ont une prévision de saison sèche ($qa1$)
- les producteurs ont une prévision de saison moyenne ($qa2$)
- les producteurs ont une prévision de saison humide ($qa3$)

L'allocation des ressources, la décision de production et les prix vont varier ; on obtient un revenu optimal global qui est la somme des revenus par scénario. La programmation linéaire suivant ces scénarii nous a permis d'aboutir aux résultats que voici à la section suivante.

III- RESULTATS ET DISCUSSIONS

III-1. Allocation optimale des terres cultivables

Scénario 1 : les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la saison à venir qa0

Dans ce cas, 66 % de la superficie en haute terre sera utilisée pour la production du mil (38 %) et du niébé (28 %), 53 % des parcelles aménagées doivent être allouées à la production du riz pendant la première campagne d'irrigation car nous avons dans cette zone trois campagnes d'irrigation. Pour la deuxième et troisième campagne d'irrigation, la totalité de la surface doit être allouée à la production de la tomate. Toute la superficie en bas fonds est utilisée pour la culture de riz. La terre n'est pas un facteur limitant pour les cultures pluviales en haute terre. 34 % de ces terres sont mises en jachère.

Scénario 2 : les producteurs ont une prévision de saison sèche (qa1)

Si les données météorologiques prévoient une saison sèche, l'allocation des superficies sera de 69 % de la superficie totale en terres hautes uniquement pour le mil en pluvial soit une augmentation de 31% par rapport à la situation initiale. L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées et celles des bas fonds.

Scénario 3 : les producteurs ont une prévision de saison moyenne (qa2)

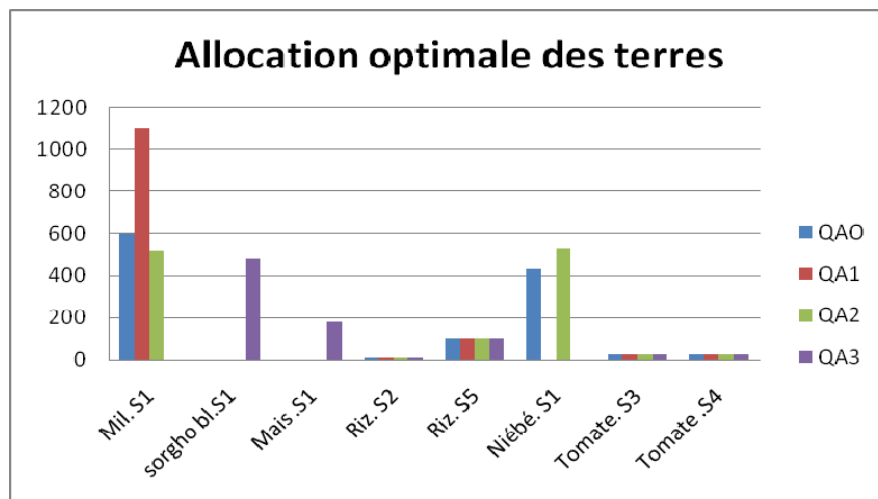
Si des données de la météo prévoient une saison moyenne, 65 % de la superficie en haute terre sera utilisée pour la production du niébé (33%) et du mil (32 %, soit une baisse de 6% par rapport à la situation initiale). L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées et celles des bas fonds.

Scénario 4 : les producteurs ont une prévision de saison humide (qa3)

Si des données de la météo prévoient une saison humide, 41% de la superficie en haute terre sera utilisée pour la production du sorgho blanc (30 %) et du maïs (11 %). Les agricultures ne produiront pas de mil. L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées et celles des bas fonds.

En résumé, lorsque qu'il y a des prévisions d'année sèche, la culture de mil est prédominante (cf. graphique 1). Ce constat confirme les dires des producteurs lors de l'enquête; selon eux, le mil résiste plus à la sécheresse que les autres cultures. Et lorsque la saison est humide le rendement du mil baisse et il est plus rentable de faire du sorgho et du maïs

Graphique 1



III-2. Revenus optimaux selon les scénarii

Scénario 1 : les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la nature la saison à venir

Lorsque les producteurs n'ont aucune prévision sur l'état de la nature et qu'il s'avère que l'année est sèche, le revenu optimal est de 96 Millions de francs CFA.

Si l'année est moyenne, le revenu optimal est de 106 Millions de francs CFA

Si l'année est humide, le revenu optimal est de 103 Millions de francs CFA.

Scénario 2 : les producteurs ont une prévision de saison sèche (qa1)

Si l'année est effectivement sèche, le revenu optimal observe une légère hausse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale.

Si l'année est moyenne, le revenu optimal observe une légère baisse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale.

Si l'année est humide, le revenu optimal observe une légère baisse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale.

Scénario 3: les producteurs ont une prévision de saison moyenne (qa2)

Si l'année est sèche, le revenu optimal connaît une baisse de 2 unités monétaires par rapport à la situation initiale (qa0) et aussi une baisse de 3 unités monétaires par rapport à la situation qa1.

Si l'année est effectivement moyenne, le revenu optimal connaît une hausse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale (qa0) et aussi une hausse de 2 unités monétaires par rapport à la situation qa1.

- Si l'année est humide, le revenu optimal reste constante par rapport à la situation initiale (qa0) et connaît une hausse de 1% par rapport à la situation qa1.

Scénario 4: les producteurs ont une prévision de saison très humide (qa3)

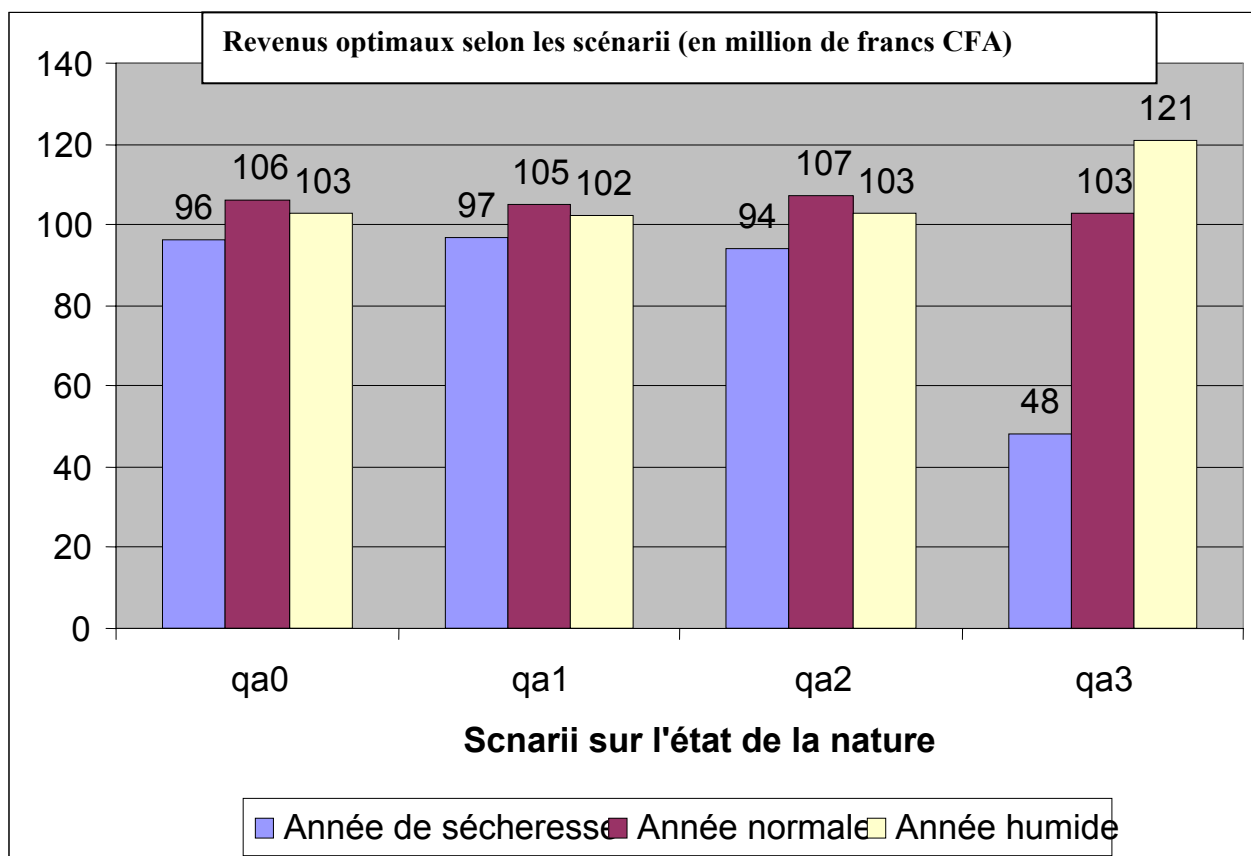
Si l'année est sèche, le revenu optimal connaît une importante baisse (de la moitié des unités monétaires) par rapport aux situations précédentes qa0, qa1 et qa2.

Si l'année est moyenne, le revenu optimal connaît une baisse de 3 unités monétaires par rapport à qa0, de 2 unités par rapport à qa1 et 4 unités monétaires par rapport à la situation qa2.

- Si l'année est effectivement très humide, le revenu connaît une importante hausse d'environ 18 unités monétaires par rapport aux situations précédentes.

La situation optimale (cf graphique 2) est celle pour laquelle les prévisions météorologiques correspondent à la situation réelle de la saison de pluie. Les revenus sont légèrement plus élevés dans ces cas.

Graphique 2



III-3. Les valeurs Marginales

III-3.1. Valeur marginale du facteur travail (en francs CFA)

Seule la période d'installation des cultures (P1), au mois de juin a une valeur marginale. La main d'œuvre est donc un facteur limitant pour la production et si le producteur doit louer une journée supplémentaire de travail il payera environ 1500 FCFA c'est-à-dire près que le double du salaire moyen journalier observé dans la zone.(cf. tableau 1)

Tableau 1

PERIODES.	Aucune prévision	Prévision de sécheresse	Prévision année moyenne	Prévision année humide
P1	1436.37	1597.27	1523.47	1570.43

III-3.2 Valeur marginale du facteur terre (en francs CFA)

Les valeurs dans le tableau 2 sont les valeurs marginales de la terre, Elles représentent ce que gagne un producteur en augmentant d'un ha supplémentaire la superficie de s3, s4, s5 et s6 . La terre n'est pas un facteur limitant pour les cultures pluviales (s1 et s2). Il y a encore des terres disponibles dans le bassin. Par contre la surface irriguée est limitante en deuxième et troisième campagne.

Tableau 2

Type de sol	Aucune prévision	Prévision de sécheresse	Prévision année moyenne	Prévision année humide
s1	0	0	0	0
s2	0	0	0	0
s3	707744.81	714893.75	714893.75	714893.75
s4	608744.81	614893.75	614893.75	614893.75
s5	195654.11	157963.75	206963.75	227963.75
s6	354054.11	324963.75	366963.75	380963.75

III-3.3 Valeur marginale du facteur eau (en francs CFA)

L'eau n'est pas un facteur limitant pour les cultures en hautes terres. Elle l'est pour les trois campagnes d'irrigation. Dans ce cas présent le m³ d'eau coûtera plus cher à la troisième campagne.

Tableau 3

valeur eau	Aucune prévision	Prévision de sécheresse	Prévision année moyenne	Prévision année humide
s2.a1	114.91	121.48	116.07	110.66
s3.a1	191.52	202.47	193.45	184.43
s4.a1	319.2	337.45	322.42	307.39

CONCLUSION

Ce travail a permis d'évaluer les options d'allocation optimale des ressources. Il a permis de présenter l'intérêt de l'évaluation ex-anté à l'aide d'un modèle d'optimisation. L'évaluation ex-anté est de nos jours un moyen efficace pour réduire la vulnérabilité et aussi de permettre aux agriculteurs de mieux s'adapter aux changements et variabilité climatique présents et futurs. La programmation linéaire est l'un des meilleurs outils d'aide à la décision à travers grâce au logiciel. Elle permet de connaître le coût d'opportunité d'un choix opéré c'est-à-dire, à travers les valeurs marginales du modèle, le décideur est à mesure de savoir le gain ou la perte qu'il réalisera sur un choix donné.

Malgré tous les atouts ci cités, les modèles d'optimisations comme outil d'évaluation multicritères des innovations présentent des limites. La limite majeure est toute la difficulté d'avoir des données fiables pour renseigner tous les paramètres du modèle.

Bibliographie

Jannot, P., & Cairol, D. (1994). Linear programming as an aid to decision making for investments in farm equipment for arable farms. *Journal of Agricultural Engineering Research*.

Maurizio, B., Lorenzo, G., Andrea, d. V., Idrissa, A., Birama, D., & Mamadou, N. (2008). Les prévisions saisonnières et leurs impact sur la prévention de l'insécurité alimentaire: Le cas d'étude de la campagne 2007/2008 et la prévision pour la campagne 2008/2009. *Seasonal forecasting in West Africa, its applications and anticipating future climate change* (p. 38). Niamey: AMMA/ENSEMBLES workshop.

Shardul, A., & Frankhauser, S. (2008). *aspects économiques de l'adaptation aux changements climatiques: coût, bénéfices et instruments économiques*. OECD.

YILI, T. (2006). *Monographie de la commune rurale de Dano*. Ouagadougou: FICOD.

